

**INVERKAN AV KETOS, RAS OCH KALVNINGSGÅNG PÅ
MJÖLKPRODUKTION, MJÖLKSAMMANSÄTTNING OCH
FERTILITET HOS MJÖLKKOR**

Janina Jyräkö

Magisteravhandling

Helsingfors universitet

Institutionen för lantbruksvetenskaper

Husdjursvetenskap

2020

Tiedekunta – Fakultet – Faculty Agrikulturi- ja eläintieteiden tiedekunta		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Magisterprogrammet i lantbruksvetenskaper	
Tekijä – Författare – Author Janina Jyränkö			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Inverkan av ketos, ras och kalvningsgång på mjölkproduktion, mjölksammansättning och fertilitet hos mjölkkor			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Husdjurens näringsvetenskap			
Työn laji – Arbetets art – Level Magisteravhandling	Aika – Datum – Month and year April 2020	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 42 s.	
<p>Tiivistelmä – Referat – Abstract</p> <p>Mjölkkor hamnar i början av laktationen i negativ energibalans som kan leda till ketos. Ketos är ett metaboliskt tillstånd som inverkar på produktionen och hälsan, och kan förekomma i klinisk eller subklinisk form. Målet med avhandlingen var att undersöka inverkan av ketos, ras och kalvningsgång på mjölkproduktionen och mjölksammansättningen. Dessutom undersöktes om ketos, ras och kalvningsgång inverkade på förutsedda NEFA-halter och längden på sin- och vilotiden och tomperioden.</p> <p>Forskningsdatan kom från ProAgrias Maidosta Maitoon (MaMa) projekt, där 12 gårdar hade under två uppföljningsperioder testat mjölkens BHB-halt (β-hydroxybutyrat) under de sju första veckorna efter kalvningen. Under varje uppföljningsperiod fanns det med 20 djur per gård, vars produktionsuppföljningsuppgifter kom från Mtech Digital Solutions. På basen av mjölkprovornas MIR-analys förutsades plasmans NEFA-halter. Djuren delades in i fyra olika ketosgrupper på basen av mjölkens BHB-halt (≤ 50, ≤ 100, ≤ 200 och ≥ 500 $\mu\text{mol/L}$). På gårdarna fanns mest djur av rasen Ayrshire och Holstein, så därför togs de två raserna med. Kalvningsgångens påverkan undersöktes genom att först dela djuren i kvigor och kor, men också genom att dela in djuren i fyra olika kalvningsgrupper (1., 2., 3. och $\geq 4.$). Mjölkproduktionen och mjölksammansättningen analyserades med upprepade mätningars modell till 60 och 305 dagars resultat. Sintiden, viloperioden och tomperiodens data analyserades med Friedmans icke-parametriska variansanalys.</p> <p>Mjölkproduktionen påverkades inte av de olika ketosgrupperna varken i 60 eller 305 dagars produktion. Fetthalten steg medan proteinhalten sjönk i ju högre ketosgrupp kon befann sig i. Mjölkproduktionen var högre hos Holstein kor jämfört med Ayrshire och kor som hade kalvat flera gånger hade högre produktion än kvigor. Kalvningsgången påverkade på produktionen till 60 dygn, ECM och mjölkproduktionen höjdes till tredje kalvningsgången varefter den började sjunka för de som kalvat fyra eller fler gånger. Ayrshires proteinproduktion ökade ju mer ketonkroppar djuret hade medan Holsteins proteinproduktion minskade ju mer ketonkroppar det fanns (interaktion ras x ketosgrupp, $P = 0,045$). Interaktionen mellan ras och kalvningsgång visade sig ha tendens till signifikans gällande proteinhalten i mjölken där Ayrshirekvigor hade lägre proteinhalt än Holsteinkvigor, medan Ayrshirekor hade högre proteinhalt än Holsteinkor. De förutsedda NEFA-halterna visade sig öka för varje ketosgrupp. Holstein hade en tendens att ha högre förutsedda NEFA-halter än Ayrshire och kvigor hade högre halter än kor. Längden på sintiden var kopplat till de olika ketosgrupperna, sintiden var som längst för korna i den tredje ketosgruppen. Sintiden blev också längre ju fler gånger kon hade kalvat. Ayrshire hade både kortare tomperiod och vilotid jämfört med Holstein.</p> <p>På basen av resultaten i denna studie kan man dra slutsatsen att det finns skillnad mellan raserna på hur ketos påverkar mjölkproduktionen och mjölksammansättningen. Det krävs mera forskning för att förstå vad skillnaderna mellan raserna beror på.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Ketos, NEFA, BHB, mjölkproduktion, mjölksammansättning, Ayrshire, Holstein, kalvningsgång, fertilitet			
Ohjaaja tai ohjaajat –Handledare – Supervisor or supervisors Universitetslektor Tuomo Kokkonen			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Institutionen för lantbruksvetenskaper och campusbiblioteket i Vik			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Tiedekunta – Fakultet – Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Programme in Agricultural Sciences	
Tekijä – Författare – Author Janina Jyränkö			
Työn nimi – Arbetets titel – Title The impact of ketosis, breed and parity on milk production, milk composition and fertility in dairy cows			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Animal nutrition			
Työn laji – Arbetets art – Level Master's thesis		Aika – Datum – Month and year April 2020	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 42 p.
Tiivistelmä – Referat – Abstract <p>In the beginning of lactation, dairy cows experience a negative energy balance that can lead to ketosis. Ketosis is a metabolic condition that affects production and health, and can occur clinically or subclinically. The aim of this thesis was to investigate the association of ketosis and the cow's breed and parity to milk production and composition. Also the association of predicted NEFA, dry period, rest period and days open with ketosis, breed and parity was investigated.</p> <p>The data was acquired from ProAgria's Maidosta Maitoon (MaMa) project, where 12 dairy farms had during two test periods tested milk's BHB (β-hydroxybutyrate) concentration during the first seven weeks after calving. On each period, 20 animals per farm were participating and each animal's production information came from Mtech Digital Solutions. NEFA values were predicted by using the milk fatty acid composition determined with mid-infrared (MIR) spectrometry. The animals were divided into four different groups based on the milk BHB concentration (≤ 50, ≤ 100, ≤ 200 and ≥ 500 $\mu\text{mol/L}$). The most common breeds on the farms, Ayrshire and Holstein, were included in the analysis. Parity was investigated by first comparing heifers with cows and then by dividing the animals into four different parity groups (1., 2., 3. and ≥ 4.). The milk production and composition were analyzed with repeated measures for the periods of 60 and 305 days in milk. The dry period, rest period and days open were analyzed with Friedman's non-parametric variance analysis.</p> <p>The ketosis group did not affect daily milk yield during 60 or 305 days. Milk fat concentration was higher and protein concentration lower in groups with higher milk ketone concentration. Holstein cows had higher milk production than Ayrshire cows, and older cows had higher production than heifers. Milk production and ECM up to 60 days tended to increase by parity, peaking in the third parity group and decreasing in the fourth or higher lactation. Milk protein yield increased in Ayrshire cows in association with higher milk BHBA concentration, whereas the opposite was observed in Holstein cows (interaction breed x ketosis group, $P = 0,045$). The interaction between breed and parity tended to affect protein content, Ayrshire heifers had lower protein content than Holstein heifers but Ayrshire cows had higher protein content than Holstein cows. The predicted NEFA concentration increased by ketosis group. Holstein cows tended to have greater predicted NEFA concentrations than Ayrshire cows and heifers had significantly greater predicted NEFA concentrations than cows. Ketosis group affected the length of the dry period; the dry period was the longest in the third ketosis group. In addition, the length of the dry period was increased by parity. Ayrshire had shorter rest period and less days open than Holstein.</p> <p>Based on the results from this study, there was a difference between breeds on how ketosis affects milk production and milk composition. Further research is needed to understand the basis of the difference between breeds.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Ketosis, NEFA, BHB, milk production, milk composition, Ayrshire, Holstein, parity, fertility			
Ohjaaja tai ohjaajat –Handledare – Supervisor or supervisors University lecturer Tuomo Kokkonen			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

INNEHÅLL

1 INLEDNING	6
1.1 Ketos och bildandet av ketonkroppar.....	6
1.2 Ketos inverkan på produktionen och hälsan	8
1.2.1 Mjolkproduktion	9
1.2.2 Mjölksammansättning.....	9
1.2.3 Ras och kalvningsgång	10
1.2.4 Fertilitet och juverinflammation.....	11
1.3 Sintid, vilotid och tomperiod	12
2 STUDIENS MÅL	13
3 MATERIAL OCH METODER.....	13
3.1 Mätning av mjölkens BHB-halt	14
3.2 Produktionsuppgifter	15
3.3 Förutsedda NEFA-halter	16
3.4 Statistisk analys.....	16
4 RESULTAT.....	18
4.1 Mjolkproduktion och mjölksammansättning.....	18
4.1.1. Ras och kalvningsgång	20
4.1.2 Sjukdomsbehandlingar för fertilitet och juverinflammation.....	24
4.3 Förutsedda NEFA-halter	25
4.4 Sintid, vilotid och tomperiod	27
5 DISKUSSION.....	29
5.1 Mjolkproduktion och mjölksammansättning.....	29
5.2 Ras och kalvningsgång.....	30
5.3 Sjukdomsbehandlingar för fertilitet och juverinflammation	32
5.4 Förutsedda NEFA-halter	32
5.5 Sintid, vilotid och tomperiod	34
6 SLUTSATS.....	36
7 TACK.....	37
KÄLLOR.....	37

FÖRKORTNINGAR

NEFA fria fettsyror (non-esterified fatty acids)

BHB β -hydroxybutyrat (β -hydroxybutyrate)

PMR blandfoder (partial mixed ration)

TMR fullfoder (total mixed ration)

SR separat utfodring (separate feeding)

ECM energikorrigerad mjölk

Ay Ayrshire

Hol Holstein

IQR kvartilavstånd

1 INLEDNING

Mjölkkproduktionen har ökat kraftigt under de senaste decennierna tack vare avel, förbättrad utfodring och skötsel, men samtidigt har detta lett till ökade hälso- och fertilitetsproblem (Ingvarsen 2006). Mjölkkor genomgår en kritisk period under övergångsperioden från sintiden till kalvningen och börjande av mjölkkproduktion (Duffield m.fl. 2009). De stora förändringarna i näringsbehovet resulterar till metaboliska förändringar i kroppsvävnaderna för att kroppen ska uppnå homeostas (Ingvarsen 2006). Detta leder till att upp till 30 till 50 % av mjölkkorna genomgår någon sorts form av metabolisk eller infektiös sjukdom kring kalvningen (LeBlanc m.fl. 2010). De flesta metaboliska sjukdomar uppstår vanligtvis under de två första laktationsveckorna (Goff och Horst 1997).

Övergångsperioden resulterar till en negativ energibalans, för att det behövs mera energi än vad det finns till förfogande. Negativ energibalans beror på att foderintaget minskar strax före kalvningen medan själva kalvningen och börjandet av laktationen kräver mycket energi (Raboisson m.fl. 2014). Negativ energibalans är vanligt hos mjölkkor under de första laktationsveckorna, men de flesta klarar av att adaptera sig till energibehovet genom att mobilisera sina fettreserver (Goff och Horst 1997, Herdt 2000).

1.1 Ketos och bildandet av ketonkroppar

Ketos är ett metaboliskt tillstånd där det finns höga koncentrationer av ketonkropparna acetoacetat, β -hydroxybutyrat och aceton, och en låg eller normal koncentration av glukos i blodet (Ingvarsen 2006). Efter kalvningen är det normalt att mängden ketonkroppar ökar, men det är inte normalt med ett överskott av ketonansamlingar. Det kan variera mellan kor hur mycket ketonkroppar deras kropp klarar av, men höjda ketonvärden tyder alltid på försämrad energimetabolism (Duffield m.fl. 2009). Ketos kan förekomma i antingen klinisk eller subklinisk form (Vanholder m.fl. 2015).

Klinisk ketos förekommer främst mellan andra och sjunde laktationsveckan och förekommer oftare hos kor än kvigor (Baird 1982). Vid klinisk ketos höjs mängden ketonkroppar i blodet, urinen och mjölken, och djuret visar synliga tecken så som aptitlöshet, viktninskning och torr avföring (Gordon m.fl. 2013). Vid klinisk ketos har

kor vanligtvis en låg glukosnivå i blodet (Ingvarsen 2006). Subklinisk ketos höjer också mängden ketonkroppar i blodet, urinen och mjölken, men djuret visar inga kliniska tecken (Gordon m.fl. 2013). Åtminstone 50 % av alla mjölkkor genomgår en temporär period av subklinisk ketos under den första laktationsmånaden (Wathes m. fl. 2007).

Mjölkproduktionen kräver stora mängder kolhydrater för att kunna syntetisera laktos. Till laktossyntesen behövs glukos som fås genom glukoneogenes (Herdt 2000). Propionsyra är huvudkomponenten i glukoneogenes och tillgången av propionsyra är väsentlig i glukossyntesen. Vid negativ energibalans är glukossyntesen i en betydelsefull roll för mjölkproduktionen (Herdt 2000).

I början av laktationen är kons energibehov större än energin som den får från fodret, då det krävs energi till underhåll av kroppsvävnader och mjölkproduktionen. För att få tillräckligt med energi måste kon använda sig av sina fettvävnader (Goff och Horst, 1997).

Fettvävnaden representerar hur mycket energi det finns lagrat i kroppen och består av adipocyter, som också kallas för fettceller. Cellerna är fyllda med triglycerider som kontinuerligt bryts ner genom lipolys och återsyntetiseras genom lipogenes. Lipolys frigör fria fettsyror (NEFA) som kan ta ut sig från fettcellen till blodet där de kan transporteras och fungera som energikälla till andra vävnader (Herdt 2000).

Enligt Herd (2000) har levern en viktig roll vid glukogenesen och fettmetabolismen. NEFA transporteras till levern för en av tre ändamål: fullständigt oxideras till energi, ofullständigt oxideras till ketonkroppar eller för förestring till triglycerider. Vid övergångsperioden fördelas NEFAs ändamål i levern beroende på omfattningen av nerbrytningen av fett och kons individuella tolerans.

Vid negativt energitillstånd finns det inte tillräckligt med glukos och det strömmar endast lite glukos till citronsyracykeln. Då transporteras NEFA till leverns mitokondrie och vid metabolismen av NEFA bildas mellanprodukten acetyl-coenzym A, som stimulerar produktionen av både glukos- och ketonkroppar. En stor del av acetyl-coenzym A metaboliseras i mitokondrien till acetoacetat. Acetoacetat går sedan från mitokondrien till cytosolen, där en del bildas till β -hydroxybutyrat (BHB). Både acetoacetat och BHB är huvudsakliga ketonkroppar som sedan lämnar levern och går vidare till blodomloppet (Herd 2000).

Mängden cirkulerande ketonkroppar höjs när levern når sin maximala gräns att oxidera NEFA och lagra triglycerider. Levern hos en ko i en högre hullklass har mindre möjligheter att oxidera fettsyror än levern hos en ko i en mindre hullklass (Goff och Horst, 1997). Därför är det viktigt att se till att sinkorna är i god hullklass före kalvningen, på en hullklasskala 1-5 är målsättningen för hullklassen klass 3,0. Kons energibalans kan mätas indirekt genom att mäta från mjölken eller blodet mängden ketonkroppar, NEFA-, glukos-, och insulinhalten, fetthalten eller fett: protein förhållandet (Walsh m. fl. 2007).

1.2 Ketos inverkan på produktionen och hälsan

Det är svårt att avgöra specifika riskfaktorer till att mjölkkorna insjuknar i ketos då det kan uppkomma som följd av många olika faktorer. Utfodring, skötsel och besättningsstorlek varierar mycket mellan gårdar, och det finns varierande resultat på vad som inverkar på ketos. Stengärde m.fl. (2012) kom fram till att besättningsstorleken inverkar på ketos och gårdar med stora besättningar är en riskfaktor för ketos. Berge och Vertenten (2014) har dock fått motsatta resultat, enligt deras forskning minskade risken för ketos ju större besättning man hade. Risken för ketos höjs vid dålig foderhygien och om man håller alla sinkor i grupp (Stengärde m.fl. 2012). Då sinkorna är i samma grupp är det svårare att optimera utfodringen individuellt och hullklassen kan bli för stor, vilket gör kon känsligare att insjukna i ketos. Foderintaget vid kalvningen påverkar också på risken att insjukna i ketos. Enligt (Goff och Horst, 1997) ökar risken för ketos om foderintaget minskar dagen före kalvningen, för att det ännu lättare orsakar energibrist och resulterar i att kon hamnar i negativ energibalans.

Tatone m.fl. 2017 hittade ingen direkt koppling mellan ladugårdstyp och ketos, men det visade sig att gårdar med mjölkkningsrobot var associerade till fler ketosfall. Det kan bero på att mjölkkningsfrekvensen och utfodringen på gårdar med robot skiljer sig från gårdar med mjölkkningsstation eller rörmjolkning. På gårdar med robot kan korna mjölkas oftare, vilket kan leda till högre mjölkproduktion och således kan risken för negativ energibalans och ketos öka. Vid robotgårdar används även ofta blandfoderutfodring, som är en riskfaktor för ketos. Enligt Berge and Vertenten (2014) har gårdar med blandfoderutfodring 1,5 gånger högre chans att korna insjuknar i ketos jämfört med gårdar som utfodrade med fullfoder. I deras forskning hittades dock ingen koppling till ketos

mellan gårdar som hade korna inomhus hela året jämfört med gårdar som hade korna på bete på sommaren.

1.2.1 Mjolkproduktion

Enligt Detilleux m.fl. (1994), Duffield m.fl. (2009) och Vanholder m.fl. (2015) har högproducerande mjölkkor en större risk att insjukna i ketos än lågproducerade mjölkkor. Det finns varierande resultat på hur ketos inverkar på mjolkproduktionen. I Detilleux m.fl. (1994) forskning hade kor som insjuknat i klinisk ketos mindre mjolkproduktion än friska kor i början av laktationen, men kor som insjuknat i ketos hade under hela laktationsperioden på 305-dagar högre mjolkproduktion än friska kor. Enligt Vanholder m.fl. (2015) hade kor som insjuknat i klinisk och subklinisk ketos högre mjolkproduktion än friska kor vid den första provmjolkningen. Bicalho m.fl. (2017) hittade däremot ingen koppling mellan mjolkproduktionen och plasmans BHB- och NEFA-halter.

McArt m.fl. (2012) kom fram till att kor som insjuknar i subklinisk ketos under första laktationsveckan har en större chans att få hälsoproblem och mindre mjolkproduktion än kor som insjuknar i subklinisk ketos efter första laktationsveckan. Liknande resultat har Duffield m.fl. (2009) fått i sin forskning där mjolkproduktionen var mindre hos korna som hade förhöjda BHBA-värden under de två första laktationsveckorna, men de kor som insjuknade under den första veckan hade mindre laktation under hela laktationsperioden än de som insjuknade under andra veckan.

Enligt Stengärde m.fl (2012) kan de olika varierande forskningsresultaten om hur ketos påverkar på mjolkproduktionen bero på skillnader mellan utfodring och skötsel. Det kan också bero på att man inte tar i beaktande andra sjukdomar som kan inverka på mjolkproduktionen, vilket kan förväxla ketos riktiga påverkan på mjolkproduktionen.

1.2.2 Mjölksammansättning

Ketos har tidigare visats inverka på mjölkens fett- och proteinsammansättning. Bland annat Miettinen och Setälä (1993), Duffield m.fl. (1997, 2009) och Vanholder m.fl.

(2015) har fått resultat som tyder på att mjölkens fetthalt stiger medan proteinhalten sjunker ju mera ketonkroppar kon har. Förändringarna i mjölkens fetthalt beror på användningen av fettreserverna vid negativ energibalans (de Vries och Veerkamp 2000). NEFA esteriseras till triglycerider som genom fraktion förvandlas till lipoproteiner av låg densitet och kan tas upp av juvret. På grund av bristen av glukos kan alltså fetthalten i mjölken öka även om mjölmängden skulle minska.

Vid låg proteinhalt och hög fetthalt ökar risken för att kon insjuknar i subklinisk ketos. Enligt Duffield m.fl (1997) kan man ändå inte använda sig av fett- eller proteinhalterna som en indikation för subklinisk ketos, på grund av att halterna inte påverkas tillräckligt känsligt och de har för låg specifitet. Enligt de Vries och Veerkamps (2000) forskning fick man bättre resultat av att använda sig av mjölkens fetthalt istället för fett- och proteinförhållandet för att förutspå BHB-halter och negativ energibalans. I studien hade djur med starkt negativ energibalans en högre fetthalt i början av laktationen, som sedan sjönk under genomsnittliga fetthalten under resten av laktationen. I studien hade man dock bara använt sig av kvigor, så resultaten stämmer nödvändigtvis inte för kor som kalvat flera gånger.

1.2.3 Ras och kalvningsgång

Holstein har visat sig ha både högre mjölkproduktion och ECM än Ayrshire enligt uppgifterna från produktionsuppföljningen (Nokka 2019). I en forskning av Ntallaris m.fl. (2017) hade svensk Holstein högre ECM än Svensk Röd vid en utfodring som siktade på 35 kg ECM per dag, men det visade sig inte finnas skillnad på mjölkproduktionen och ECM vid en lågintensiv diet. Enligt O'Hara m.fl. (2018) forskning hade Holstein högre mjölkproduktion än Svensk Röd upp till 12 veckor efter kalvningen, men fett- och proteinhalterna var lägre hos Svensk Holstein än hos Svensk Röd. Svensk Holstein hade dock högre protein och laktosproduktion än Svensk Röd.

Det finns varierande resultat på om rasen inverkar på möjligheten att insjukna i ketos. Enligt Bendixten m.fl (1987) har Svensk Röd och Vit dubbelt så stor chans att insjukna i ketos än Svensk Holstein, även om det i denna forskning fanns relativt få kor som över huvud taget insjuknade i ketos. Ntallaris m.fl. (2017) hittade däremot ingen koppling

mellan plasmans NEFA-halter och raserna Svensk Röd och Holstein, även om det visade sig att Svenska Röd hade högre NEFA-halter före själva kalvningen medan Holstein hade högre NEFA-halter efter kalvningen. I Berges och Vertentens (2014) forskning hittades ingen koppling mellan ketos och ras, emedan den största delen av korna i forskningen var av rasen Holstein vilket kan inverka på resultaten.

I ett försök av Ospina m.fl 2010 visade det sig att mjölkproduktionen sjönk vid förhöjda halter av BHB och NEFA, men det visade sig att kviigor med högre värden hade högre mjölkproduktion än kviigor med lägre värden. Detta kan förklaras genom att kviigorna befinner sig i en annan fysiologisk situation än kor, då de måste balansera tillväxten och mjölkproduktionen vilket resulterar i att de lättare kan mobilisera energikällorna än korna. Enligt McArt m.fl (2013) klarar kviigorna bättre av negativ energibalans än kor för att de har mindre mjölkproduktion och således mindre energibehov än kor. Både McArt m.fl. (2013) och Vanholder m.fl. (2015) har fått resultat som tyder på att risken för klinisk och subklinisk ketos ökar ju fler gånger kon har kalvat. Enligt Duffield m.fl (1997) var risken att insjukna i subklinisk ketos nästan 60 % högre hos korna som kalvade för fjärde gången eller fler än hos de som kalvade för första gången.

1.2.4 Fertilitet och juverinflammation

Enligt Windig m.fl. (2005) varierade sambandet mellan mjölkproduktionen och fertiliteten. I medeltal hade kor med hög fertilitet lägre mjölkproduktion än kor med låg fertilitet, men omgivningen och gårdstypen spelade en stor roll för hälsan och således också på fertiliteten hos korna. Största risken för fertilitetsproblem hade högproducerande kor som fanns på högproducerande gårdar. På gårdar med både låg produktion och låg fertilitet fanns det minst skillnader i mjölkproduktionen och fertiliteten mellan kor.

Juverinflammation har visat sig inverka på mjölkproduktionen. Enligt Rajala-Schultz m.fl. (1999b) har kor som insjuknar i juverinflammation vanligtvis högre mjölkproduktion innan de insjuknar jämfört med friska kor. Mjölkmängden började sjunka ungefär fyra veckor före diagnosen och mjölkmängden blev mindre än hos friska kor under två veckor efter sjukdomsdiagnosen, varefter mjölkmängden började stiga på nytt men uppnådde inte samma nivå som före diagnosen. Det hittades dock ingen skillnad

mellan sjuka och friska kors mjölkproduktion för hela laktationen, de sjuka kornas mjölkproduktion minskade till samma nivå som de friska korna.

1.3 Sintid, vilotid och tomperiod

Negativ energibalans kan inverka på mjölkornas fertilitet och har tidigare visats orsaka fördröjd ägglossning och låg befruktningsgrad (de Vries och Veerkamp, 2000). Vid negativ energibalans försämras livmoderns förmåga att återhämta sig efter kalvningen, vilket kan leda till inflammationer (Wathes m.fl. 2007).

I en meta-analys av van Knegsel m.fl. (2013) har man kommit fram till att en kortare sintid på 28-35 dagar skulle minska på risken för ketos jämfört med en vanlig sintid på 49-60 dagar. Bland annat i ett försök av Santschi m.fl. (2011) jämförde man en kort sintid på 35 dagar med en vanlig sintid på 60 dagar och kom fram till att risken för subklinisk ketos minskade då sintiden var kortare, medan fertiliteten inte påverkades av den kortare sintiden. Enligt Tatone m.fl. (2017) ökade risken för ketos i samma takt som sintiden blev längre, risken var som högst om sintiden var över 72 dagar. O'Hara m.fl. (2019) har fått resultat som tyder på att en kortare sintid på 4 veckor jämfört med en sintid på 8 veckor förbättrar på det metaboliska statuset och minskar på plasmans NEFA-koncentrationer.

I Weber m.fl. (2015) forskning visade sig en lång sintid på 90 dagar resultera i förhöjda värden av NEFA och BHB i plasman och en djupare negativ energibalans jämfört med sintider på 28 och 56 dagar. Även fertiliteten var sämre hos kor med en sintid på 90 dagar, semineringsgångerna var mycket högre hos de korna med lång sintid (3,4) jämfört med en kortare sintid på antingen 28 (2,1) eller 56 dagar (1,9). Weber m.fl. (2015) studie betonar också på betydelsen av hullbedömning och utfodring vid en längre sintid. Vid en längre sintid finns det en större risk att kon blir överkonditionerad vilket kan lättare leda till metabolisk obalans i början av laktationen.

Walsh m.fl. (2007) har tidigare kommit fram till att kor som insjuknat i subklinisk ketos under någondera av de två första laktationsveckorna hade 20 % mindre chans att bli dräktiga på den första semineringen jämfört med friska kor. De kor som hade subklinisk ketos under både första och andra laktationsveckan hade 50 % mindre chans att bli dräktiga vid den första semineringen efter kalvningen. Liknande resultat har Ospina m.fl.

(2010) fått, deras resultat har visat att kor med höga NEFA och BHB-halter hade mindre chans att bli dräktiga efter 70 dagars vilotid än friska kor.

2 STUDIENS MÅL

Målet med avhandlingen var att undersöka inverkan av ketos, ras och kalvningsgång på mjölkproduktionen och mjölksammansättningen. Hälsotillståndet hos korna undersöktes genom att jämföra friska kors mjölkproduktion med kor som fått behandlingar för fertilitet och juverinflammation. Dessutom undersöktes om ketos, ras och kalvningsgång inverkade på förutsedda NEFA-halter och längden på sin- och vilotiden och tomperioden. Hypotesen var att kor som hade ett högt antal ketonkroppar i mjölken hade högre fetthalt och lägre proteinhalt än kor med lägre antal ketonkroppar i mjölken.

3 MATERIAL OCH METODER

Forskningsdatan kom från ProAgrias Maidosta Maitoon (MaMa) projekt och uppgifterna från produktionsuppföljningen kom från Mtech Digital Solutions. I MaMa projektet ingick 12 pilotgårdar från Södra Österbotten som följdes upp under två uppföljningsperioder mellan åren 2016-2018. Under uppföljningsperioderna samlades information om kornas mjölkproduktion, semineringar, kalvningar, utfodring och vård. Målet med projektet var att öka på djurens hälsa och mjölkproduktion och således förbättra gårdarnas lönsamhet och produktion.

Gårdarna som togs med i projektet var främst lösdriftsgårdar med fullfoderutfodring, då det finns mest latenta metaboliska sjukdomar på denna typ av gårdar. Dessutom försökte man ta med större gårdar med minst 50 mjölkande kor för att få tillräckligt med kalvningar under uppföljningsperioderna. Bakgrundsinformation om bland annat gårdarnas mjölkningssätt och typ av utfodring presenteras i Tabell 1.

Tabell 1. Bakgrundsinformation av gårdarna

Gård	Mjölkningsätt	Utfodring	Produktion	ECM ⁶ 2016	ECM 2017
1	robot	PMR ¹	konv. ⁴	10518	11375
2	robot	PMR	konv.	10696	10147
3	robot	PMR	konv.	7677	8502
4	robot	PMR	eko ⁵	8271	8908
5	robot	PMR	eko	6748	9736
6	robot	PMR	eko	8668	7632
7	robot	SR ²	konv.	8279	7432
8	station	TMR ³	konv.	6905	7801
9	station	TMR	konv.	10366	9477
10	station	TMR	konv.	7975	7166
11	station	SR	konv.	8268	8961
12	bås	TMR	konv.	9338	9539

¹ blandfoder² separat utfodring³ fullfoder⁴ konventionell produktion⁵ ekologisk produktion⁶ energikorrigerad mjölk

3.1 Mätning av mjölkens BHB-halt

Till uppföljningsperioderna valdes slumpmässigt totalt 20 djur per gård som snart skulle kalva, och man följde upp mjölkens BHB-halt i genomsnitt under de sju första laktationsveckorna. Efter kalvningen mätte producenten mjölkens BHB-halt en gång i veckan med PortaChecks PortaBHB-testremsor (Moorestown, New Jersey, USA). Producenterna hade instruerats under den första uppföljningsperioden hur mätningen skulle gå till. Mätningen gick ut på att man mjölkade mjölk i ett rent kärl, doppade testremsan i mjölken för tre till fem sekunder, skakade bort överloppsmjölken och väntade i en minut för att sedan jämföra resultatet med en färgtabell. Ändan på testremsan innehåller enzymer som ändrar BHB till acetoacetat, vid reaktionen produceras vätejoner som reducerar nitrotrazolium till formazan som är violett till färgen. Nyansen av violett på testremsan bestämde BHB-halten i mjölken, där en mörkare violett färg resulterade i högre BHB-halt.

Mätningssättet och tidpunkten varierade mellan gårdarna. På de gårdar som hade mjölkstation togs mjölkproven från kontrollmjölkningen från alla fyra spenar. På gårdarna med robot togs de flesta prover mellan mjölkningarna från en spena och ifall korna hade tillstånd att gå till roboten togs provet från kontrollmjölkningen. I basladugården samlades provet från kontrollmjölkningen från en spena och mjölkprovet testades efter mjölkningen, vilket innebär en väntetid från en timme upp till två timmar.

Uppgifterna sattes in i en tabell och korna delades in i fyra olika ketosgrupper. I den första gruppen var BHB-halten i alla mätningar $\leq 50 \mu\text{mol/L}$, andra gruppen $\leq 100 \mu\text{mol/L}$, tredje gruppen $\leq 200 \mu\text{mol/L}$ och i den fjärde gruppen minst ett resultat med $\geq 500 \mu\text{mol/L}$.

3.2 Produktionsuppgifter

Av Mtech Digital Solutions kom produktionsuppföljningsuppgifterna för varje ko som var med i projektet. För varje ko fanns det uppgifter om provmjölkningar, årsproduktion, semineringar, kalvningar och skötseluppgifter. Ketosresultaten från uppföljningsperioderna kombinerades med produktionsuppgifterna som uppkommit under uppföljningsperioden. Provmjölkningarna som hade tagits under uppföljningsperioden kombinerades med ketosresultaten.

På basen av semineringsuppgifterna och kalvningsdatumen räknades ut sintiden, viloperioden och tomperioden. Sintiden räknades ut från sinläggningsdatumet som var före uppföljningsperioden till kalvningsdatumet vartefter uppföljningsperioden började. Viloperioden räknades ut från kalvningsdatumet vid uppföljningsperioden till den första semineringen som gjordes efter kalvningen. Tomperioden räknades ut från kalvningsdatumet vid uppföljningsperioden till nästa seminerings som gjort kon dräktig på nytt.

Skötseluppgifterna som korna hade behandlats för under uppföljningsperioden delades in i skötsel för fertilitet och juverinflammation. Till fertilitetsbehandlingar räknades behandlingar för nedsatt äggstocksfunktion, svag brunst, fördröjd ägglossning, förtvinad äggblåsa, cysta och svag gulkropp. Till behandlingar av juverinflammation räknades med behandlingar av akut juverinflammation, dold juverinflammation och kronisk juverinflammation.

3.3 Förutsedda NEFA-halter

Det gjordes en MIR-analys av mjölkproverna och av MIR-spektrumen räknades ut mjölkens fettsyrasammansättning med hjälp av prediktionsekvationer av Naturresursinstitutet (Luke). Av mjölkens fettsyrasammansättning förutsades plasmans NEFA-halter genom prediktionsekvationer enligt Kaksonen (2018). Prediktionsekvationerna var olika för de som var i den första laktationsperioden (Ekvation 1) och för de som var i den andra laktationsperioden (Ekvation 2).

Förutsedda NEFA

$$\begin{aligned} & - \text{halter} \left(\frac{\text{mmol}}{\text{l}} \right) & (1) \\ & = 0.232 - 0.005 * DIM + 1.2756 * C14 + 0.2626 * C18: cis9 + 0.1488 * fett \% \end{aligned}$$

Förutsedda NEFA

$$\begin{aligned} & - \text{halter} \left(\frac{\text{mmol}}{\text{l}} \right) & (2) \\ & = 0.352 - 0.00401 * DIM + 1.8163 * C4 - 0.8977 * C14 + 0.3359 * C18: 1cis9 \end{aligned}$$

där

DIM = laktationsdag

C4, C14 och C18:1cis9 är fettsyrehalter i mjölken (mg/100 ml)

3.4 Statistisk analys

Uppgifterna var sparade i Microsoft Excel-filer, och uppgifterna kombinerades till en Excel-tabell. Analyserna gjordes med programmet SAS version 9.4 Mixed Procedure (SAS Institute, Cary, NC, USA).

Mjölkhalterna och mjölkproduktionen analyserades med upprepande mätningar och ”compound symmetry” kovariansstruktur. Ketosgrupp, ras, kalvningsgång (kvigor vs kor) och DIM, tiden från kalvningen till provmjölkningen, var fasta effekter i modellen. I början av analysen testades interaktionen mellan de fasta effekterna, men interaktionerna togs bort från analysen om de inte var statistiskt signifikanta. Som

slumpmässig effekt användes uppföljningsperioden inom besättningen. Mjölkhalterna och mjölkproduktionen analyserades i två omgångar, till 60 och 305 dagars resultat.

Det fanns mest kor av raserna Ayrshire och Holstein på pilotgårdarna och därför togs de två raserna med i den statistiska analysen. Andra raser som fanns på gårdarna var Jersey, Brown Swiss och Västfinskt boskap, men det fanns inte tillräckligt många observationer av dem för att kunna ta med i analysen.

Kalvningsgångens påverkan analyserades också genom att dela in korna i fyra olika kalvningsgrupper. I den första gruppen fanns kvigorna, i den andra de som kalvade för andra gången, i den tredje de som kalvade för tredje gången och i den fjärde gruppen de som kalvade för fjärde gången och uppåt. Analysen gjordes med upprepade mätningar, där rasen, kalvningsgången, DIM och interaktionen mellan ras och kalvningsgång var fasta effekter. Som slumpmässig effekt användes uppföljningsperioden inom besättningen

Vid analysen av sjukdomsbehandlingarnas inverkan på mjölkproduktionen och mjölksammansättningen delades djuren in i om de hade blivit behandlade för fertilitet eller juverinflammation, eller inte fått någon behandling alls. Övriga sjukdomsbehandlingar togs inte med i analysen. Analysen gjordes också med upprepade mätningarnas metod där de fasta och slumpmässiga effekterna var samma som i ovannämnda analyser.

Datats normalfördelning granskades genom att använda hypotesprövningens residualer och SAS-programmets Univariate-procedurs Shapiro-Wilks test. Om datan inte var normalfördelat gjordes det en logaritmtransformation för att förbättra normalfördelningen. Ifall datan inte var normalfördelat efter logaritmtransformationen togs de avvikande värden bort som hade en residual som var större än övrekvantil + $1,5 \cdot \text{kvartilavstånd (IQR)}$ eller mindre än nedrekvantil - $1,5 \cdot \text{IQR}$. Sintiden, viloperioden och tomperiodens data var dock inte normalfördelat efter dessa åtgärder och analyserades därför med Friedmans icke-parametriska variansanalys.

4 RESULTAT

4.1 Mjolkproduktion och mjölksammansättning

Det hittades ingen skillnad mellan de olika ketosgrupperna på fett-, protein-, laktos- eller mjolkproduktionen och inte heller på den energikorrigerade mjolkproduktionen varken till 60 eller 305 dygn (Tabell 2 och 3).

Ketosgrupperna visade sig inverka på fett- och proteinhalterna i mjölken (Tabell 4). Fett- och proteinhalterna i mjölken ändrades beroende på i vilken ketosgrupp kon befann sig i. Fetthalten ökade ($P = 0,03$) och proteinhalten ($P < 0,001$) minskade ju mera ketonkroppar djuret hade. Fett- och proteinhalten i den första ($\leq 50 \mu\text{mol/L}$) ketosgruppen skilde sig ($P < 0,05$) från de andra ketosgrupperna. Det hittades ingen skillnad på proteinhalten mellan den tredje ($\leq 200 \mu\text{mol/L}$) och fjärde ($\geq 500 \mu\text{mol/L}$) ketosgruppen, men halterna var lägre ($P < 0,05$) än i den första ($\leq 50 \mu\text{mol/L}$) och andra ($\leq 100 \mu\text{mol/L}$) ketosgruppen.

Laktoshalten i den första ($\leq 50 \mu\text{mol/L}$) ketosgruppen var högre ($P < 0,05$) än i den tredje ($\leq 200 \mu\text{mol/L}$) ketosgruppen. Laktoshalten sjönk i den andra ($\leq 100 \mu\text{mol/L}$) och fjärde ($\geq 500 \mu\text{mol/L}$) ketosgruppen jämfört med den första ($\leq 50 \mu\text{mol/L}$) ketosgruppen ($P < 0,10$). Det hittades en skillnad ($P < 0,10$) på ureahalterna i den andra ($\leq 100 \mu\text{mol/L}$) och fjärde ($\geq 500 \mu\text{mol/L}$) ketosgruppen.

Tabell 2. Mjolkproduktion till 60 dygn per ketosgrupp

		Ketosgrupp ($\mu\text{mol/L}$)								p-värde
		≤ 50	SEM	≤ 100	SEM	≤ 200	SEM	≥ 500	SEM	
ECM	kg/d	33,8	1,34	34,3	0,87	34,7	0,98	35,1	1,28	0,86
Mjolkproduktion	kg/d	32,1	1,21	33,1	0,87	33,0	0,94	32,1	1,17	0,54
Fett	g/d	1367	66,4	1434	43,4	1479	48,3	1513	62,4	0,27
Protein	g/d	1105	43,5	1111	28,2	1070	31,7	1095	40,3	0,53
Laktos	g/d	1505	64,8	1526	45,1	1508	49,2	1550	61,2	0,87

Tabell 3. Mjolkproduktion till 305 dygn per ketosgrupp

		Ketosgrupp ($\mu\text{mol/L}$)								p-värde
		≤ 50	SEM	≤ 100	SEM	≤ 200	SEM	≥ 500	SEM	
ECM	kg/d	31,7	0,95	32,1	0,66	32,3	0,72	33,3	0,91	0,44
Mjolkproduktion	kg/d	29,5	0,99	30,7	0,66	30,9	0,74	31,6	0,96	0,36

Tabell 4. Mjolkhalter till 60 dygn per ketosgrupp

		Ketosgrupp ($\mu\text{mol/L}$)								p-värde
		≤ 50	SEM	≤ 100	SEM	≤ 200	SEM	≥ 500	SEM	
Fett	g/kg	42,2 ^a	1,53	44,6 ^b	1,23	45,6 ^b	1,27	46,0 ^b	1,42	0,03
Protein	g/kg	35,1 ^a	0,49	33,8 ^b	0,33	32,8 ^c	0,36	32,4 ^c	0,46	<0.001
Laktos	g/kg	46,4 ^{a,A}	0,25	46,0 ^B	0,14	45,8 ^b	0,18	45,7 ^B	0,32	0,18
Urea	mg/100 ml	23,3	1,25	23,7 ^A	0,90	23,3	0,96	22,0 ^B	1,15	0,34

*De värden som inte har samma övre index är statistiskt signifikanta ($P < 0,05$) sinsemellan. Små bokstäver tyder på signifikant skillnad ($p < 0,05$) och stora bokstäver tyder på tendens till signifikans ($P < 0,10$).

4.1.1. Ras och kalvningsgång

Rasen och kalvningsgången påverkade signifikant alla undersökta variabler som gällde mjölkproduktionen både till 60 och 305 dygn (Tabell 5, 6, 7 och 8). Holstein hade högre värden än Ayrshire i alla variabler. Kvigor hade lägre produktion av alla värden jämfört med kor som kalvat flera gånger.

Tabell 5. Mjölkproduktion och mjölksammansättning till 60 dygn enligt ras

		Ras				p-värde
		Ay ¹	SEM	Hol ²	SEM	
ECM	kg/d	32,5	0,89	36,42	0,92	<0.0001
Mjölkproduktion	kg/d	30,6	0,89	34,50	0,90	<0.0001
Fett	g/d	1366	44,2	1531	45,7	<0.0001
Protein	g/d	1037	30,6	1154	30,0	<0.0001
Laktos	g/d	1441	47,2	1603	47,2	<0.0001

¹Ayrshire

²Holstein

Tabell 6. Mjölkproduktion och mjölksammansättning till 60 dygn enligt kalvningsgång (kor vs kvigor)

		Kalvningsgång				p-värde
		första	SEM	äldre	SEM	
ECM	kg/d	28,8	1,02	40,1	0,80	<0.0001
Mjölkproduktion	kg/d	26,3	0,97	38,9	0,83	<0.0001
Fett	g/d	1219	50,4	1677	39,9	<0.0001
Protein	g/d	910	33,1	1280	26,2	<0.0001
Laktos	g/d	1265	51,0	1779	42,3	<0.0001

Tabell 7. Mjölkproduktion till 305 dygn enligt ras

		Ras				p-värde
		Ay	SEM	Hol	SEM	
ECM	kg	30,8	0,68	33,9	0,69	<0.0001
Mjölkproduktion	kg	28,9	0,70	32,4	0,70	<0.0001

Tabell 8. Mjölproduktion till 305 dygn enligt kalvningsgång (kor vs kvigor)

Kalvningsgång					
första	SEM	äldre	SEM	p-värde	
29,2	0,74	35,5	0,63	<0.0001	
27,0	0,76	34,3	0,64	<0.0001	

Laktoshalten i mjölken påverkades signifikant av både ras och kalvningsgång. Holstein hade högre laktoshalt i mjölken än Ayrshire upp till 60 dygn. Kvigor hade högre laktoshalt än kor som kalvat flera gånger. Rasens och kalvningsgångens inverkan på mjölkhalter presenteras i Tabell 9 och 10.

Tabell 9. Mjölkhalter till 60 dygn enligt ras

		Ras				
		Ay	SEM	Hol	SEM	p-värde
Fett	g/kg	44,7	1,24	44,5	1,26	0,69
Protein	g/kg	33,5	0,35	33,5	0,36	0,95
Laktos	g/kg	45,7	0,15	46,3	0,15	0,001
Urea	mg/100 ml	23,5	0,91	22,7	0,93	0,24

Tabell 10. Mjölkhalter till 60 dygn enligt kalvningsgång (kor vs kvigor)

		Kalvningsgång				
		första	SEM	fler	SEM	p-värde
Fett	g/kg	45,1	1,3	44,1	1,2	0,13
Protein	g/kg	33,5	0,38	33,6	0,31	0,87
Laktos	g/kg	46,6	2,08	45,4	0,12	<0.001
Urea	mg/100 ml	22,9	1	23,3	0,85	0,48

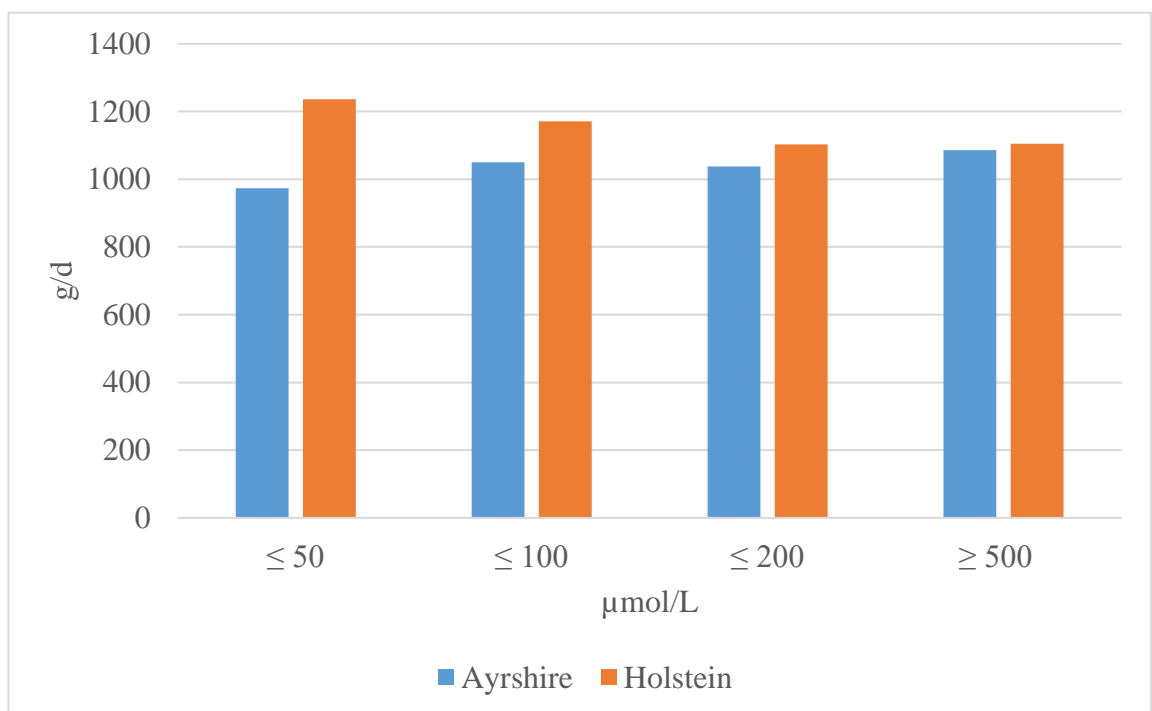
Kalvningsgången påverkade statistiskt signifikant ($P < 0.001$) på både ECM och mjölkproduktionen till 60 dygn (Tabell 11). Kalvningsgången påverkade på produktionen till 60 dygn, ECM och mjölkproduktionen höjdes till tredje kalvningsgången varefter den började sjunka för de som kalvat fyra eller fler gånger.

Tabell 11. Kalvningsgångens inverkan på mjölkproduktionen till 60 dygn

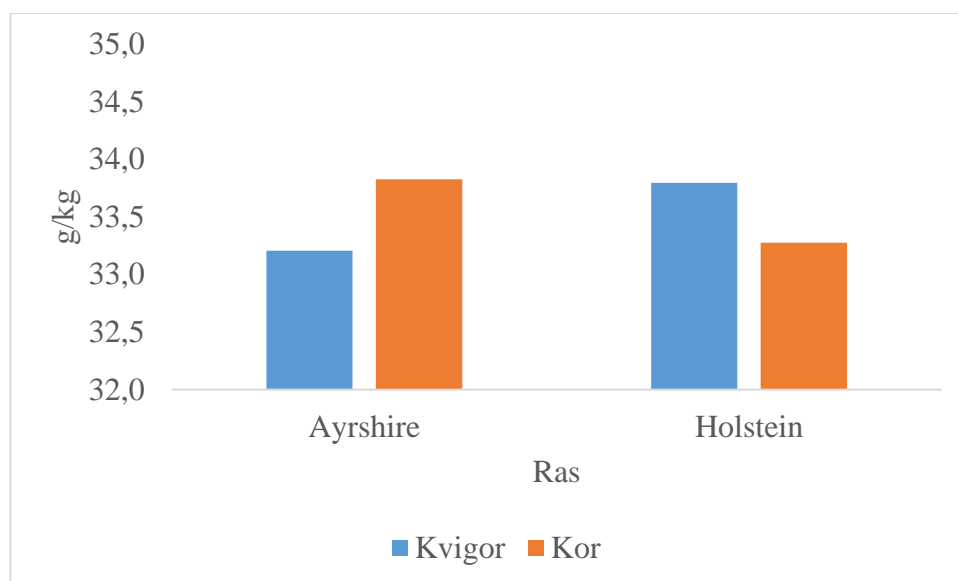
		Kalvningsgång								p-värde
		1	SEM	2	SEM	3	SEM	4≤	SEM	
ECM	kg/d	29,0 ^a	0,97	38,7 ^b	0,92	42,6 ^c	0,95	39,6 ^b	0,92	<0.001
Mjölkproduktion	kg/d	26,6 ^a	0,94	38,6 ^b	0,92	40,6 ^c	0,93	38,3 ^b	0,91	<0.001

*De värden som inte har samma övre index är statistiskt signifikanta ($P < 0,05$) sinsemellan.

Interaktionen mellan rasen och ketosgruppen inverkade på proteinproduktionen (interaktion ras x ketosgrupp $P = 0,045$). Ayrshires proteinproduktion ökade ju mer ketonkroppar djuret hade medan Holsteins proteinproduktion minskade ju mer ketonkroppar det fanns (Figur 1). Interaktionen mellan ras och kalvningsgång visade sig ha tendens till signifikans gällande proteinhalten i mjölken (Figur 2). Ayrshirekvigorna hade lägre proteinhalt än Holsteinkvigorna, medan Ayrshirekor hade högre proteinhalt än Holsteinkor ($P = 0,052$).



Figur 1. Proteinproduktion enligt ketosgrupp och ras till 60 dygn (interaktion ras x ketosgrupp $P = 0,045$). I ketosgrupperna 1 ($\leq 50 \mu\text{mol/L}$) och 2 ($\leq 100 \mu\text{mol/L}$) var skillnaderna mellan raserna signifikanta. Ketosgrupperna är uppdelade enligt BHB-halterna (≤ 50 , ≤ 100 , ≤ 200 och $\geq 500 \mu\text{mol/L}$).



Figur 2. Proteinhalten enligt ras och kalvningsgång till 60 dygn (interaktion ras x kalvningsgång $P = 0,052$)

4.1.2 Sjukdomsbehandlingar för fertilitet och juverinflammation

Det visade sig inte finnas en koppling på mjölkproduktionen och mjölksammansättningen mellan de kor som fått behandlingar för fertilitet och de kor som inte hade fått fertilitetsbehandling (Tabell 12). Behandling av juverinflammation visade sig ha en tendens att inverka på mjölkproduktionen ($P = 0,08$). De kor som blivit behandlade för juverinflammation hade lägre mjölkproduktion än de kor som inte hade blivit behandlade. De andra värdena som fett-, och proteinhalt och ECM inverkade behandlingarna inte på (Tabell 13).

Tabell 12. Fertilitetsbehandlingars inverkan på mjölkproduktionen och mjölksammansättningen till 60 dygn

		Sjukdomsbehandling				
		Fertilitet	SEM	Inga	SEM	p-värde
ECM	kg/d	35,6	1,31	34,3	0,83	0,23
Mjölkproduktion	kg/d	33,4	1,18	32,4	0,84	0,25
Fett	g/kg	43,3	1,41	44,6	1,18	0,12
Protein	g/kg	33	0,48	33,7	0,32	0,1

Interaktionen mellan ras och ketosgrupp visade sig ha en tendens ($P = 0,057$) till signifikans gällande de förutsedda NEFA-halterna (Figur 3). Statistisk skillnad mellan raserna fanns i den andra ketosgruppen, där Holstein hade högre förutsedda NEFA-halter än Ayrshire.



Figur 3. Förutsedda NEFA-halterna enligt ras och ketosgrupp (interaktionen ras x ketosgrupp $P = 0,057$) Ketosgrupperna är uppdelade enligt BHB-halterna (≤ 50 , ≤ 100 , ≤ 200 och ≥ 500 $\mu\text{mol/L}$).

När kalvningsgången inverkan granskades enligt kalvningsgrupperna, visade sig NEFA-halterna vara högre ($P < 0,10$) i den första (≤ 50 $\mu\text{mol/L}$) gruppen jämfört med de som var i den tredje (≤ 200 $\mu\text{mol/L}$) eller fjärde (≥ 500 $\mu\text{mol/L}$) gruppen (Tabell 16).

Tabell 16. Förutsedda NEFA-halternas koppling till kalvningsgång

	Kalvningsgång		2	SEM	3	SEM	4≤	SEM	p-värde
	1	SEM							
NEFA	0,47 ^A	0,021	0,44	0,020	0,43 ^B	0,021	0,43 ^B	0,021	0,18

* De värden som inte har samma övre index är statistiskt signifikanta sinsemellan. Små bokstäver tyder på signifikant skillnad ($P < 0,05$) och stora bokstäver tyder på tendens till signifikans ($P < 0,10$).

4.4 Sintid, vilotid och tomperiod

Längden på vilotiden och tomperioden påverkades inte av i vilken ketosgrupp kon befann sig i (Tabell 20). Längden på sintiden påverkades ($P = 0,04$), sintiden var längst i den tredje ($\leq 200 \mu\text{mol/L}$) ketosgruppen.

Tabell 17. Sintidens, vilotidens och tomperiodens koppling till ras

	Ras			n	Hol	SEM	p-värde
	n	Ay	SEM				
Sintid	183	61,9	2,6	151	63,5	2,6	0,81
Vilotid	201	78,8	2,4	151	85,7	2,5	0,01
Tomperiod	201	114,5	6,3	149	130,6	6,7	0,02

Analysen är gjord med Friedmans icke-parametriska variansanalys.

Tabell 18. Sintidens, vilotidens och tomperiodens koppling till kalvningsgång (kvigor/kor)

	Kalvningsgång			n	äldre	SEM	p-värde
	n	första	SEM				
Sintid							
Vilotid	89	81,2	2,7	269	83,2	2,1	0,49
Tomperiod	89	122	7,4	267	123	5,6	0,6

Analysen är gjord med Friedmans icke-parametriska variansanalys.

Det fanns signifikant skillnad på vilotiden ($P = 0,01$) och tomperioden ($P = 0,02$) mellan de två olika raserna (Tabell 17). Holstein hade både längre vilotid och tomperiod än Ayrshire. Det fanns dock ingen skillnad mellan kvigornas och kornas vilotid och tomperiod (Tabell 18). Kalvningsgången hade inverkan på sintidens längd ($P = 0,01$). Sintiden visade sig bli längre efter att kon kalvat fyra eller fler gånger. Resultaten för kalvningsgången inverkan på sintiden, vilotiden och tomperioden presenteras i Tabell 19.

Tabell 19. Kalvningsgångens inverkan på sintiden, vilotiden och tomperioden

	Kalvningsgång				3	SEM	4≤	SEM	p-värde
	1	SEM	2	SEM					
Sintid			58,5 ^a	2,6	62,0 ^a	2,6	67,7 ^b	2,7	0,01
Vilotid	80,7	2,7	81,7	2,6	86,8	2,7	84,4	2,9	0,15
Tomperiod	122,3	7,5	122,5	7,0	127,8	7,6	118,9	7,7	0,65

*De värden som inte har samma övre index är statistiskt signifikanta ($P < 0,05$)

sinsemellan. Sintiden är analyserade efter att man tagit bort avvikande värden och gjort en logaritmtransformation. Vilotiden och tomperioden är analyserade med Friedmans icke-parametriska variansanalys

Tabell 20. Sintidens, vilotidens och tomperiodens koppling till de olika ketosgrupperna

	Ketosgrupp (μmol/L)												
	n	≤ 50	SEM	n	≤ 100	SEM	n	≤ 200	SEM	n	≥ 500	SEM	p-värde
Sintid	29	59,3 ^a	3,7	179	62,8 ^{ab}	2,4	109	67,1 ^b	2,6	39	61,6 ^a	3,4	0,04
Vilotid	44	81,6	3,4	180	82,8	2,2	108	84,3	2,6	26	80,2	4,2	0,65
Tomperiod	44	111,1	9,7	162	127,2	5,9	107	127,6	7,0	26	124,3	11,7	0,92

*De värden som har samma övre index är inte statistiskt signifikanta sinsemellan. Analysen är gjord med Friedmans icke-parametriska variansanalys.

5 DISKUSSION

Det fanns mycket skillnader mellan de 12 olika gårdarna som deltog i MaMa-projektet vilket kan inverka på resultaten. Förutom skillnader på mjölkningssätt och utfodring fanns det variationer på mjölkproduktionen hos djuren som deltog i uppföljningsperioderna. År 2017 hade gården med högsta ECM 11375 kg medan den gården med lägsta ECM hade 7166 kg. ECM är bara räknat för djuren som deltog i uppföljningsperioderna, vilket möjligtvis kan inverka på att skillnaderna mellan gårdarna är så stora.

Mätningssättet av mjölkens BHB-halt varierade mellan gårdarna, då det fanns skillnader när provet togs och från hur många spenar det togs mjölk. Det kan också inverka resultaten att mjölkens BHB-halt mättes endast en gång i veckan och korna delades in i ketosgrupperna på basen av hela uppföljningsperiodens resultat.

Det fanns svårigheter med att få sin-, vilo- och tomperiodens data normalfördelat, för att det fanns mycket avvikande värden. Detta beror troligtvis på att det fanns skillnader på gårdspraxisen mellan gårdarna. Sinläggningen, första semineringen efter kalvningen och hur många gånger det lönar sig att försöka seminera en ko är ganska långt individuella beslut för producenten och varje gård har sitt eget sätt att fungera. Det fanns inga uppgifter på kastningar, vilket gjorde att de inte togs i beaktande.

5.1 Mjölkproduktion och mjölksammansättning

I denna avhandling visade det sig inte finnas skillnader på mjölkproduktionen mellan de olika ketosgrupperna, varken i 60 eller 305 dagars mjölkproduktion. Liknande resultat har fått Bicalho m.fl (2017) där plasmans BHB och NEFA-halter inte heller inverkade på mjölkproduktionen. Enligt Ospina m.fl. (2010) har NEFA en starkare koppling till mjölkproduktionen än BHB, för att det finns en direkt fysiologisk koppling mellan NEFA-halterna och lipidmobiliseringen. Tidigare studier (Detilleux m.fl. 1994, Duffield m.fl. 2009 och Vanholder m.fl. 2015) har visat att högproducerande kor har en större risk att insjukna i ketos, vilket innebär att de inte kommer upp till sin potentiella laktationsförmåga. Detta kunde förklara varför det inte fanns skillnader på mjölkproduktionen mellan ketosgrupperna i denna avhandling.

Förändringarna i mjölkens fett- och proteinhalt stämmer överens med tidigare forskningar (Miettinen och Setälä 1993, Duffield m.fl. 2009, Vanholder m.fl. 2015) om att mjölkens fetthalt stiger medan proteinhalten sjunker vid ketos. I Vanholders m.fl. (2015) forskning var mjölkhalterna vid klinisk ketos hos protein $3.17 \pm 0.03\%$ och fett $4.53 \pm 0.07\%$, vilket är relativt lika med resultaten från denna avhandling där proteinhalten i den fjärde ketosgruppen var 3,24% och fetthalten var 4,60%.

Det hittades en skillnad på ureahalterna i mjölken mellan den andra och fjärde ketosgruppen (23,7 mg/100 ml respektive 22,0 mg/100 ml). Lite liknande resultat har Weber m.fl. (2013) fått, där mjölkens ureahalt steg som mest i den gruppen som hade medelvärdiga fettkoncentrationer i levern jämfört med de som hade låga eller höga fettkoncentrationer.

5.2 Ras och kalvningsgång

Skillnaderna i mjölkproduktionen mellan raserna Holstein och Ayrshire stämmer överens med uppgifterna från produktionsuppföljningen för år 2018 (Nokka 2019). Holstein hade även i denna avhandling högre mjölkproduktion och ECM än Ayrshire. Resultaten för mjölksammansättningen stämmer också ganska långt överens med uppgifterna från produktionsuppföljningen, proteinhalten visade sig dock vara lägre för båda raserna i denna avhandling (3,35 %) jämfört med resten av landet (Ayrshire 3,58%, Holstein 3,47%). Detta kan bero på att man i denna avhandling räknade proteinhalten endast till 60 dygn, medan produktionsuppföljningens värden är från hela laktationen. Bland annat Ostensen m.fl (1997) har visat att proteinhalten i mjölken är låg i början av laktationen och höjs mot slutet av laktationen.

Även skillnaderna mellan kvigornas och kornas mjölkproduktion och mjölksammansättning var förväntade och är likande som resultaten från produktionsuppföljningen för hela landet. Enligt produktionsuppföljningen för år 2018 var ECM som högst för hela laktationssäsongen efter den femte kalvningen. I denna avhandling var mjölkproduktionen och ECM vid 60 dygn som högst för de som kalvat för tredje gången, varefter den sjönk för de som kalvat fyra eller fler gånger. Detta kan bero på att det fanns stora variationer på kalvningsgångar i gruppen som kalvat fyra eller fler gånger, högsta kalvningsgången som fanns med i gruppen var elva gånger.

Laktoshalten hos Holstein (4,63%) upp till 60 dygn var i denna avhandling högre än hos Ayrshire (4,57%). Detta kunde ha en koppling till negativ energibalans, då det krävs mycket glukos till laktosyntesen (Herdt 2000). Holstein hade även högre förutsedda NEFA-halter än Ayrshire. Det fanns även skillnad mellan laktoshalten hos kvi­gor och kor, kvi­gor hade högre laktoshalt men också hade högre NEFA-halter än kor som kalvat fler gånger. I O’Haras m.fl. (2018) forskning har man kommit fram till att en kortare sintid på fyra veckor minskar risken för negativ energibalans jämfört med en sintid på åtta veckor. Där var även laktoshalten lägre hos kor med kortare sintid som var troligtvis i bättre energibalans än kor med en längre sintid. När Friggens m.fl. (2007b) jämförde Dansk Röds och Holsteins laktoshalt visade sig Holsteinkvi­gornas laktoshalt vara högre under hela laktationsperioden jämfört med Dansk Röd kvi­gorna. När man såg på kor som kalvat för andra gången var laktoshalten i början av laktationen högre hos Holstein, men ungefär i mitten av laktationen ändrades det så att Dansk Röd hade högre laktoshalt än Holstein ända till slutet av laktationen. Skillnaderna på laktoshalten mellan raserna kunde i denna avhandling bero på djurens kalvningsantal och dess fördelning mellan raserna. Det som också kan inverka på resultaten är att man bara undersökte laktoshalten till 60 dygn.

I denna avhandling visade det sig rasen inverka signifikant på proteinproduktionen i de olika ketosgrupperna. Ayrshires proteinproduktion ökade ju högre ketosgrupp djuret befann sig i medan Holsteins proteinproduktion tvärtom minskade ju högre ketosgrupp djuret befann sig i. I O’Haras m.fl. (2018) forskning var proteinproduktionen lägre för kor med kortare sintid, men sen igen var proteinhalten i mjölken högre. Proteinproduktionen var högre för Holstein än för Svensk Röd, men Holstein hade lägre proteinhalt än Svensk Röd. Skillnaderna på proteinproduktionen mellan raserna i de olika ketosgrupperna kunde således möjligtvis förklaras genom dessa olikheter mellan raserna och energibalansen.

Ayrshirekvi­gorna visade sig ha i denna avhandling lägre proteinhalt än Holsteinkvi­gorna, medan Ayrshirekor hade högre proteinhalt än Holsteinkor. Vanligtvis har Ayrshire högre proteinhalt än Holstein (Nokka 2019). Även när Friggens m.fl. (2007b) jämförde Dansk Röd och Holsteins kvi­gors proteinhalt med kor som kalvat för andra gången visade sig Dansk Röd ha högre proteinhalt än Holstein i båda kalvningsgångerna. Skillnaderna var dock mindre i början av laktationen vilket kan förklara varför Holsteinkvi­gorna hade

något högre proteinhalt än Ayrshirekvigorna, då man i denna avhandling endast såg på laktationen till 60 dygn.

5.3 Sjukdomsbehandlingar för fertilitet och juverinflammation

Det hittades ingen skillnad på fett- och proteinsammansättningen i mjölken eller på ECM och mjölkproduktionen till 60 dygn hos kor som blivit behandlade för fertilitet jämfört med kor som inte blivit behandlade för fertilitet. I denna avhandling var även antalet behandlingar för fertilitet relativt lågt, vilket kan förklara att de inte hittades någon skillnad på mjölkproduktionen och sammansättningen. Resultaten stämmer dock överens med Windig m.fl. (2005) som inte heller hittade en direkt koppling mellan fertilitetsproblem och mjölkproduktion. I denna avhandling togs inte heller i beaktande ifall djuret hade fått andra sjukdomsbehandlingar än behandling av fertilitet.

Behandling av juverinflammation hade en tendens att inverka negativt på mjölkproduktionen till 60 dygn i denna avhandling. Enligt Rajala-Schultz m.fl (1999b) har högproducerande mjölkkor en större risk att drabbas av juverinflammation, vilket gör det svårt att jämföra friska kors mjölmängd med de som drabbats av juverinflammation. Juverinflammation påverkar mest på mjölkproduktionen i början av laktationen, vilket kan förklara varför mjölkproduktionen påverkades negativt i denna avhandling när man såg på produktionen till 60 dygn.

5.4 Förutsedda NEFA-halter

De förutsedda NEFA-halterna ökade för varje ketosgrupp, vilket var ett ganska förväntat resultat då både NEFA och BHB har en koppling till negativ energibalans.

Rasen hade en tendens att inverka på de förutsedda NEFA-halterna i denna forskning, då Ayrshire hade lägre halter än Holstein. Rasen inverkade dock inte i Ntallaris m.fl. (2017) forskning som jämförde NEFA från plasma. I Ntallaris m.fl. (2017) forskning fanns det i genomsnitt ingen inverkan mellan raserna Svensk Röd och Holstein under hela uppföljningsperioden, men Svensk Röd hade en tendens att ha högre NEFA-halter 14 dagar före kalvningen jämfört med Holstein, medan Holstein hade högre NEFA-halter 14 dagar efter kalvningen jämfört med Svensk Röd. Enligt Ntallaris m.fl. (2017) tyder detta

på att Holstein prioriterar mjölkproduktionen mer än Svensk Röd, vilket resulterar i att Holsteins metaboliska balans är mer ostabil och deras NEFA-halter är högre i början av mjölkproduktionen. O'Hara m.fl. (2018) hittade dock ingen skillnad på energibalansen efter kalvningen mellan Svensk Röd och Holstein. Theilgaard m.fl. (2002) hittade inte heller någon skillnad på plasmans NEFA-halter mellan Dansk Ayrshire och Dansk Holstein under hela laktationen. Det visade sig dock att Dansk Ayrshire hade betydligt lägre NEFA-halter än Dansk Holstein på dag 21 under den första laktationen. Enligt Løvendahls m.fl. (2010) forskning visade sig Holsteins energibalans vara mer negativ än Dansk Röd under laktationsdagarna 6-26, vilket kunde förklara varför Holstein hade något högre värden än Ayrshire. Skillnaderna mellan raserna kunde också möjligtvis förklaras med skillnaderna i mjölkproduktionen, då Holstein har högre mjölkproduktion än Ayrshire. Weber m.fl. (2013) jämförde Holstein kor med ungefär lika stor mjölkproduktion och kom fram till att det ändå är ganska individuellt hur korna adapterar sin energimetabolism till mjölkproduktionen och hur de mobiliserar fettvävnaden.

Det hittades en tendens till signifikans vid interaktionen mellan ras och ketosgrupp gällande de förutsedda NEFA-halterna i denna avhandling. I den andra ketosgruppen fanns det signifikant skillnad mellan raserna på NEFA-halterna, Holstein hade betydligt högre halter än Ayrshire. Vad detta beror på hittades inte riktigt någon förklaring.

Mellan kvigor och kor hittades en skillnad på NEFA-halterna, men skillnaden var inte lika tydlig då man jämförde de olika kalvningsgångerna. Ruprechters m.fl. (2018) forskning visade att plasmans NEFA-halter är högre hos kvigor före kalvningen jämfört med kor som kalvat flera gånger, och att förändringarna i NEFA-halterna kring kalvningen är mindre hos kvigor än hos kor. De kom också fram till att friska kvigor hade betydligt högre NEFA-halter en vecka efter kalvningen jämfört med kvigor som drabbats av minst en sjukdom efter kalvningen. Vid den tredje veckan efter kalvningen hittades ingen skillnad på NEFA-halterna mellan friska och sjuka kvigor. I samma forskning hade kor som kalvat flera gånger och fått minst en sjukdom efter kalvningen betydligt högre NEFA-halter vid kalvningen och en vecka efter kalvningen jämfört med friska kor. Även vid den tredje veckan efter kalvningen var NEFA-halterna betydligt högre hos kor som drabbats av en sjukdom jämfört med friska kor. Enligt Ruprechter m.fl. (2018) beror skillnaderna i NEFA-halterna på att energibehovet för mjölkproduktionen är så pass mycket högre hos kor som kalvat flera gånger än hos kvigorna, vilket leder till att korna

har större mobiliseringsgrad. Höga NEFA-halter vid kalvningen var också associerat till immundysfunktion.

Mäntysaari m.fl. (2019) hittade en skillnad på plasmans NEFA-halter mellan kvisor och kor, kvisor hade betydligt högre halter än kor under den andra och tredje laktationsveckan. NEFA-halterna jämnade dock ut sig mellan kvisorna och korna på den 20 laktationsveckan. Ospina m.fl. (2010) hittade ingen signifikant koppling mellan plasmans NEFA-halter och kalvningsgång. Enligt Tatone m.fl. (2017) inverkar kvisornas ålder vid första kalvningen och kornas långa kalvningsintervall på risken att insjukna i ketos. Då kvisan är äldre än 25 månader ökar risken att insjukna i ketos som mest. Även Theilgaard m.fl. (2002) påpekar att mognadsstadiet hos djuret inverkar på fettmetabolismen. I denna avhandling togs inte i beaktande åldern, kalvningsintervallen eller övrig information om själva kalvningen. Det kunde ha varit intressant att se om kvisans ålder, kalvens kön eller årstiden när kalven föddes skulle ha påverkat på värdena.

Enligt Friggens m.fl. (2007a) ändrade energibalansen mellan Dansk Röd och Holstein enligt kalvningsgången. Holstein kvisorna hamnade i en djupare negativ energibalans än Dansk Röd kvisorna i början av laktationen. Vid andra kalvningsgången kom Dansk Röd fortare i positiv energibalans än Holstein, men vid den tredje kalvningsgången uppnådde Holstein mycket snabbare positiv energibalans än Dansk Röd. Det kan således betyda att skillnaderna på de förutsedda NEFA-halterna mellan raserna och kalvningsgång i denna avhandling kan bero på fördelningen mellan raserna och kalvningsgångerna i datan.

5.5 Sintid, vilotid och tomperiod

Längden på sintiden visade sig påverka på i vilken ketosgrupp kon hamnar i. Mellan den första ($\leq 50 \mu\text{mol/L}$) och tredje ($\leq 200 \mu\text{mol/L}$) ketosgruppen samt tredje ($\leq 200 \mu\text{mol/L}$) och fjärde ($\geq 500 \mu\text{mol/L}$) ketosgruppen fanns det skillnad på sintidens längd, varav den tredje ($\leq 200 \mu\text{mol/L}$) ketosgruppen hade den längsta sintiden. Liknande resultat har Santschi m.fl. (2011), Vanholder m.fl. (2015) och Tatone m.fl. (2017) fått, där en längre sintid ökade risken för ketos. O'Hara m.fl. (2019) hittade att plasmans NEFA-halter var högre hos kor som hade haft en sintid på åtta veckor jämfört med kor som hade en sintid på fyra veckor. De kor som hade en sintid på fyra veckor hamnade inte i så djup negativ energibalans jämfört med de som hade en sintid på åtta veckor och kom i en positiv

energibalans nio veckor före de som hade en längre sintid. Plasmans BHB-halter påverkades inte av förkortningen av sintiden i forskningen.

Mellan de olika ketosgrupperna hittades ingen skillnad på vilotidens längd i denna avhandling. Liknande resultat har Garverick m.fl (2013) fått, de hittade inte någon tydlig koppling mellan plasmans NEFA-halter och första ovulationen efter kalvningen. I Walshs m.fl (2007) forskning visade sig vilotiden vara 8 dagar längre hos kor som drabbats av subklinisk ketos under den första eller andra laktationsveckan. Denna avhandling tog inte i beaktande under vilken laktationsvecka kon hade högt antal ketonkroppar, även om man tog alla prover under de sju första laktationsveckorna, vilket kan inverka på resultaten.

De olika ketosgrupperna påverkade inte på tomperiodens längd i denna avhandling. Även i Chapinals m.fl. (2012) forskning hittades det ingen koppling mellan plasmans BHB och NEFA-halter och dräktighet efter första semineringen. I Walshs m.fl. (2007) forskning visade det sig att kor med BHB koncentrationer $\geq 1,000$ $\mu\text{mol/L}$ under första laktationsveckan och $\geq 1,400$ $\mu\text{mol/L}$ under andra laktationsveckan hade 20 % mindre chans att bli dräktiga på den första semineringen. Då korna hade subklinisk ketos under både första och andra laktationsveckan minskade fertiliteten med 50 % på första semineringen. Garverick m.fl (2013) däremot hittade att kor som inte blev dräktiga på första semineringen hade högre plasma NEFA-halter än kor som blev dräktiga på första semineringen på dag 3, 7 och 14 efter semineringen. Även deras resultat visar att negativ energibalans under de tre första laktationsveckorna kan påverka negativt på fertiliteten vid första semineringen. Enligt Herdt (2000) och Ospina m.fl. (2010) har NEFA en starkare koppling till fertiliteten än BHB, vilket kan förklara varför det inte hittades en koppling då man här använde sig av mjölkens BHB-halter i denna avhandling.

Det hittades skillnad på sintidens längd då man såg på kalvningsgången. Sintiden var längst hos de kor som kalvat fyra eller fler gånger. Detta kunde möjligtvis kopplas till resultaten av hur sintidens längd påverkades av de olika ketosgrupperna, då enligt McArt m.fl. (2013) och Vanholder m.fl. (2015) risken att insjukna i ketos höjs för varje kalvningsgång. Det kunde betyda att de kor som hade förhöjda värden av ketonkroppar var i huvudsak kor som kalvat fyra eller fler gånger. Vilotidens längd påverkades inte av kalvningsgången. Liknande resultat har Watters m. fl. (2009) fått, de hittade ingen skillnad mellan kalvningsgång och första semineringen då de jämförde kor med kort och lång sintid.

Det fanns skillnader mellan raserna på vilotiden och tomperioden. Ayrshire hade både kortare vilotid och tomperiod än Holstein i denna avhandling. Ntallaris m.fl. (2017) hittade ingen direkt koppling på fertiliteten mellan Holstein och Svensk Röd, men det visade sig att Svensk Röd hade bättre energimetabolism och klarar bättre av att reglera energikraven och kunde på så sätt spara energi till fertiliteten bättre än Holstein. Även O'Hara m.fl. (2018) har fått resultat som tyder på att Svensk Röd uppnår snabbare positiv energibalans än Holstein. I deras forskning kom Svensk Röd med kort sintid på fyra veckor i positiv energibalans redan två veckor efter kalvningen, medan det tog för Holstein upp till tre veckor. I Løvendahls och Chagundas (2010) forskning fick även Dansk Röd sin första brunst betydligt snabbare än Holstein.

6 SLUTSATS

Ketos, varken klinisk eller subklinisk, inverkade inte på mjölmängden, men inverkade som förväntat på mjölkens fett- och proteinhalt. Laktoshalten i mjölken kunde möjligtvis ha en koppling till energibalansen då laktoshalten var betydligt högre hos Holstein och kvigor än Ayrshire och kor som kalvat flera gånger. Proteinproduktionen skilde sig mellan raserna beroende på hur mycket ketonkroppar de hade, vilket kan bero på rasernas genetiska skillnader i mjölkproduktionen och olikheterna i energibalansen. Rasen och kalvningsgången visade sig även inverka på de förutsedda NEFA-halterna, vilket kan bero på skillnaderna i fettmetabolismen. Holstein och kvigor hade högre förutsedda NEFA-halter än Ayrshire och kor som kalvat flera gånger. Längden på sintiden var som förväntat kopplat till de olika ketosgrupperna, en längre sintid var kopplat till en högre halt ketonkroppar i mjölken. Ayrshire hade både kortare tomperiod och vilotid jämfört med Holstein, vilket kan bero på rasernas olika energibalans.

Resultaten i denna studie tyder på att det finns skillnad mellan raserna Holstein och Ayrshire på hur de påverkas av negativ energibalans och hur många produktionsperioden djuret befinner sig i. Vad dessa skillnader beror på kräver mera forskning, men resultaten betonar vikten av individuell utfodring och skötsel för att få högproducerande och friska mjölkkor.

7 TACK

Jag vill tacka ProAgria för att jag fick använda MaMa-projektets data, samt alla pilotgårdar som deltog i projektet. Jag vill också tacka Mtech Digital Solutions för datan av produktionsuppföljningen samt min handledare Tuomo Kokkonen för bra handledning och tålamod. Jag vill även tacka Krogells stiftelse för allt ekonomisk stöd jag har fått under min studietid. Slutligen vill jag tacka mina vänner och familj för all hjälp jag fick med skrivandet.

KÄLLOR

- Baird, G. D. 1982. Primary ketosis in the high-producing dairy cow: clinical and subclinical disorders, treatment, prevention, and outlook. *Journal of Dairy Science* 65: 1-10.
- Bendixen, P. H., Vilson, B., Ekesbo, I. & Åstrand, D. B. 1987. Disease frequencies in dairy cows in Sweden. IV. Ketosis. *Preventive Veterinary Medicine* 5: 99-109.
- Berge, A. C. & Vertenten, G. 2014. A field study to determine the prevalence, dairy herd management systems, and fresh cow clinical conditions associated with ketosis in western European dairy herds. *Journal of Dairy Science* 97: 2145-2154.
- Bicalho, M. L. S., Marques, E. C., Gilbert, R. O. & Bicalho, R. C. 2017. The association of plasma glucose, BHBA, and NEFA with postpartum uterine diseases, fertility, and milk production of Holstein dairy cows. *Theriogenology* 88: 270-282.
- Chapinal, N., Carson, M.E., LeBlanc, S.J., Leslie, K.E., Godden, S., Capel, M., Santos, J.E.P., Overton, M.W. & Duffield, T.F. 2012. The association of serum metabolites in the transition period with milk production and early-lactation reproductive performance. *Journal of Dairy Science* 95: 1301-1309.
- Detilleux, J. C., Gröhn, Y. T. & Quaas, R. L. 1994. Effects of clinical ketosis on test day milk yields in Finnish Ayrshire cattle. *Journal of Dairy Science* 77: 3316-3323.
- De Vries, M. J. & Veerkamp, R. F. 2000. Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *Journal of Dairy Science* 83: 62-69.

- Duffield, T. F., Lissemore, K. D., McBride, B. W. & Leslie, K. E. 2009. Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *Journal of Dairy Science* 92: 571-580.
- Duffield, T. F., Kelton, D. F., Leslie, K. E., Lissemore, K. D. & Lumsden, J. H. 1997. Use of test day milk fat and milk protein to detect subclinical ketosis in dairy cattle in Ontario. *The Canadian Veterinary Journal* 38: 713-718.
- Friggens, N. C., Berg, P., Theilgaard, P., Korsgaard, I. R., Ingvarsen, K. L., Løvendahl, P. & Jensen, J. 2007 a. Breed and parity effects on energy balance profiles through lactation: evidence of genetically driven body energy change. *Journal of Dairy Science* 90: 5291-5305.
- Friggens, N. C., Ridder, C. & Løvendahl, P. 2007 b. On the use of milk composition measures to predict the energy balance of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 90: 5453-5467.
- Garverick, H.A., Harris, M.N., Vogel-Bluel, R., Sampson, J.D., Bader, J., Lamberson, W.R., Spain, J.N., Lucy, M.C. & Youngquist, R.S. 2013. Concentrations of nonesterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination. *Journal of Dairy Science* 96: 181-188.
- Goff, J. P. & Horst, R. L. 1997. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *Journal of Dairy Science* 80: 1260-1268.
- Gordon, J. L., LeBlanc, S. J. & Duffield, T. F. 2013. Ketosis treatment in lactating dairy cattle. *The Veterinary clinics of North America. Food Animal Practice* 29: 433-445.
- Herd, T. H. 2000. Ruminant adaptation to negative energy balance: influences on the etiology of ketosis and fatty liver. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 16: 215-230.
- Ingvarsen, K. L. 2006. Feeding-and management-related diseases in the transition cow: Physiological adaptations around calving and strategies to reduce feeding-related diseases. *Animal Feed Science and Technology* 126: 175-213.
- Kaksonen, S. 2018. Lypsylehmän energiataseen ennustaminen maidon rasvahappoprofiilin perusteella. Pro gradu-avhandling, Helsingfors Universitet, Institutionen för Lantbruksvetenskaper, tillgänglig på <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/234373>
- LeBlanc, S. 2010. Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period. *Journal of Reproduction and Development* 56: 29-35.

- Løvendahl, P. & Chagunda, M. G. G. 2010. On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93: 249-259.
- Løvendahl, P., Ridder, C. & Friggens, N. C. 2010. Limits to prediction of energy balance from milk composition measures at individual cow level. *Journal of dairy science* 93: 1998-2006.
- McArt, J. A. A., Nydam, D. V. & Oetzel, G. R. 2013. Dry period and parturient predictors of early lactation hyperketonemia in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 96: 198-209.
- McArt, J. A. A., Nydam, D. V. & Oetzel, G. R. 2012. Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 95: 5056-5066.
- Miettinen, P. V. & Setälä, J. J. 1993. Relationships between subclinical ketosis, milk production and fertility in Finnish dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine* 17: 1-8.
- Mäntysaari, P., Mäntysaari, E.A., Kokkonen, T., Mehtiö, T., Kajava, S., Grelet, C., Lidauer, P. & Lidauer, M.H. 2019. Body and milk traits as indicators of dairy cow energy status in early lactation. *Journal of Dairy Science* 102: 7904-7916.
- Nokka, Sanna 2019. ProAgria: Lypsykarjan tuotosseurannan tulokset 2018. Tulosseminaari
https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/lypsykarjan_tuotosseurannan_tulokset_2018_sanna_nokka.pdf. Publicerat 19.03.2019, refererat 5.12.2019.
- Ntallaris, T., Humblot, P., Båge, R., Sjunnesson, Y., Dupont, J. & Berglund, B. 2017. Effect of energy balance profiles on metabolic and reproductive response in Holstein and Swedish Red cows. *Theriogenology* 90: 276-283.
- O'Hara, E. A., Båge, R., Emanuelson, U. & Holtenius, K. 2019. Effects of dry period length on metabolic status, fertility, udder health, and colostrum production in 2 cow breeds. *Journal of Dairy Science* 102: 595-606.
- O'Hara, E. A., Omazic, A., Olsson, I., Båge, R., Emanuelson, U. & Holtenius, K. 2018. Effects of dry period length on milk production and energy balance in two cow breeds. *Animal* 12: 508-514.
- Ospina, P. A., Nydam, D. V., Stokol, T. & Overton, T. R. 2010. Associations of elevated nonesterified fatty acids and β -hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. *Journal of Dairy Science* 93: 1596-1603.

- Ostersen, S., Foldager, J. & Hermansen, J. E. 1997. Effects of stage of lactation, milk protein genotype and body condition at calving on protein composition and renneting properties of bovine milk. *Journal of Dairy Research* 64: 207-219.
- Patton, J., Kenny, D. A., McNamara, S., Mee, J. F., O'Mara, F. P., Diskin, M. G. & Murphy, J. J. 2007. Relationships among milk production, energy balance, plasma analytes, and reproduction in Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science* 90: 649-658.
- PortaCheck 2014. The PortaBHB milk ketone test instructions. https://docs.wixstatic.com/ugd/c8b383_a544e63c14a247feb5835f5f5a8fa14e.pdf. New Jersey, USA. Publicerat 24.7.2014, refererat 12.03.2019
- Raboisson, D., Mounié, M. & Maigné, E. 2014. Diseases, reproductive performance, and changes in milk production associated with subclinical ketosis in dairy cows: A meta-analysis and review. *Journal of Dairy Science* 97: 7547-7563.
- Rajala-Schultz, P. J., Gröhn, Y. T., McCulloch, C. E. & Guard, C. L. 1999 a. Effects of clinical mastitis on milk yield in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82: 1213-1220.
- Rajala-Schultz, P. J., Gröhn, Y. T. & McCulloch, C. E. 1999 b. Effects of milk fever, ketosis, and lameness on milk yield in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82: 288-294.
- Ruprechter, G., de Lourdes Adrien, M., Larriestra, A., Meotti, O., Batista, C., Meikle, A. & Noro, M. 2018. Metabolic predictors of peri-partum diseases and their association with parity in dairy cows. *Research in Veterinary Science* 118: 191-198.
- Rutherford, A. J., Oikonomou, G. & Smith, R. F. 2016. The effect of subclinical ketosis on activity at estrus and reproductive performance in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 99: 4808-4815.
- Santschi, D. E., Lefebvre, D. M., Cue, R. I., Girard, C. L. & Pellerin, D. 2011. Incidence of metabolic disorders and reproductive performance following a short (35-d) or conventional (60-d) dry period management in commercial Holstein herds. *Journal of Dairy Science* 94: 3322-3330.
- Stengärde, L., Hultgren, J., Tråvén, M., Holtenius, K. & Emanuelson, U. 2012. Risk factors for displaced abomasum or ketosis in Swedish dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine* 103: 280-286.
- Tatone, E. H., Duffield, T. F., LeBlanc, S. J., DeVries, T. J. & Gordon, J. L. 2017. Investigating the within-herd prevalence and risk factors for ketosis in dairy cattle in

- Ontario as diagnosed by the test-day concentration of β -hydroxybutyrate in milk. *Journal of Dairy Science* 100: 1308-1318.
- Theilgaard, P., Friggens, N. C., Sloth, K. H. & Ingvarsen, K. L. 2002. The effect of breed, parity and body fatness on the lipolytic response of dairy cows. *Animal Science* 75: 209-219.
- Van der Drift, S. G. A., Houweling, M., Schonewille, J. T., Tielens, A. G. M. & Jorritsma, R. 2012. Protein and fat mobilization and associations with serum β -hydroxybutyrate concentrations in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95: 4911-4920.
- Vanholder, T., Papen, J., Bemers, R., Vertenten, G. & Berge, A. C. B. 2015. Risk factors for subclinical and clinical ketosis and association with production parameters in dairy cows in the Netherlands. *Journal of Dairy Science* 98: 880-888.
- van Knegsel, A. T., van der Drift, S. G., Čermáková, J. & Kemp, B. 2013. Effects of shortening the dry period of dairy cows on milk production, energy balance, health, and fertility: A systematic review. *The Veterinary Journal* 198: 707-713.
- Walsh, R. B., Walton, J. S., Kelton, D. F., LeBlanc, S. J., Leslie, K. E. & Duffield, T. F. 2007. The effect of subclinical ketosis in early lactation on reproductive performance of postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science* 90: 2788-2796.
- Wathes, D. C., Fenwick, M., Cheng, Z., Bourne, N., Llewellyn, S., Morris, D. G. & Fitzpatrick, R. 2007. Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow. *Theriogenology* 68: 232-S241.
- Watters, R. D., Wiltbank, M. C., Guenther, J. N., Brickner, A. E., Rastani, R. R., Fricke, P. M. & Grummer, R. R. 2009. Effect of dry period length on reproduction during the subsequent lactation. *Journal of Dairy Science* 92: 3081-3090.
- Weber, C., Hametner, C., Tuchscherer, A., Losand, B., Kanitz, E., Otten, W., Singh, S.P., Bruckmaier, R.M., Becker, F., Kanitz, W. & Hammon, H. M. 2013. Variation in fat mobilization during early lactation differently affects feed intake, body condition, and lipid and glucose metabolism in high-yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96: 165-180.
- Weber, C., Losand, B., Tuchscherer, A., Rehbock, F., Blum, E., Yang, W. & Hammon, H. M. 2015. Effects of dry period length on milk production, body condition, metabolites, and hepatic glucose metabolism in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 98: 1772-1785.

Windig, J. J., Calus, M. P. L. & Veerkamp, R. F. 2005. Influence of herd environment on health and fertility and their relationship with milk production. *Journal of Dairy Science* 88: 335-347.